



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

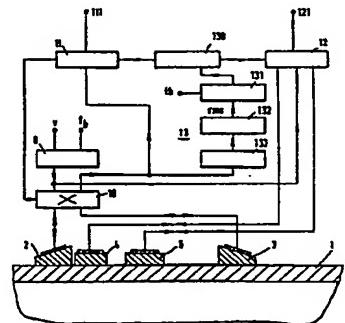
(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G01F 1/66, 1/712	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/17650 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 29. Juni 1995 (29.06.95)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP94/04160		(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 15. December 1994 (15.12.94)		
(30) Prioritätsdaten: 93810901.4 23. December 1993 (23.12.93) EP (34) Länder für die die regionale oder internationale Anmeldung eingereicht worden ist: DE usw.		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>
(71) Anmelder: ENDRESS + HAUSER FLOWTEC AG [CH/CH]; Kägenstrasse 7, CH-4153 Reinach BL 1 (CH).		
(72) Erfinder: OLDENZIEL, Daniel; 19, Les Allées, CH-2300 La Chaux-de-Fonds (CH). GRIESSMANN, Marcel; 31, rue de Thann, F-68200 Mulhouse (FR).		
(74) Anwalt: MORSTADT, Volker; Endress + Hauser Flowtec AG, Kägenstrasse 7, CH-4153 Reinach BL 1 (CH).		

(54) Title: CLAMP-ON ULTRASONIC VOLUME THROUHPUT MEASURING DEVICE

(54) Bezeichnung: CLAMP-ON-ULTRASCHALL-VOLUMENDURCHFLUSS-MESSGERÄT

(57) Abstract

In order for this measuring device to operate automatically on either one or the other measuring principle depending on a selectable foreign body proportion, it has a first pair of ultrasound transducers (2, 3), one of which is operated as a transmission and the other as a reception transducer or vice versa and which are axially parallel staggered on the outer wall of a pipe (1) through which a fluid flows and arranged at an angle different from 90° between the direction of the ultrasound and the pipe axis. There is a second pair of ultrasound transducers (4, 5), each of which is operated simultaneously as a transmission or a reception transducer and which are staggered axially parallel along outer wall of the pipe (1) and arranged at an angle of ≤ 90° between the ultrasound direction and the pipe axis. A driver/evaluation electronic system either supplies consecutively only one ultrasound transducer (2 or 3) with a pulse burst and measures the running time in the forward or reverse direction of flow of the ultrasonic signals spreading and reflected through the fluid and determines the volume flow rate therefrom or supplies the ultrasound transducers (4, 5) simultaneously with the pulse burst and measures the reflection signals reflected from foreign bodies inside the fluid and received from these ultrasound transducers by correlating their time difference and thus determines the volume flow rate. An electronic switchover system (13) with a threshold switch (131) switches the driver/evaluation electronic system to the running time or correlation mode dependently upon the output signal of the threshold switch.



(57) Zusammenfassung

Damit dieses Meßgerät automatisch in Abhängigkeit von einem wählbaren Fremdkörperanteil des Fluids entweder nach dem einen oder nach dem anderen Meßprinzip arbeitet, hat es ein erstes Paar Ultraschallwandler (2, 3), von denen jeweils der eine als Sendewandler und der andere als Empfangswandler oder umgekehrt betrieben ist und die längs einer durchströmten Rohrleitung (1) auf deren Außenwand achsparallel versetzt und mit einem von 90° abweichenden Winkel zwischen der Ultraschall-Richtung und der Rohrachse angeordnet sind. Es ist ein zweites Paar Ultraschallwandler (4, 5) vorgesehen, von denen jeder gleichzeitig als Sendewandler oder als Empfangswandler betrieben ist und die längs der Rohrleitung (1) auf deren Außenwand achsparallel versetzt und mit einem Winkel ≤ 90° zwischen der Ultraschall-Richtung und der Rohrachse angeordnet sind. Eine Treiber/Auswerte-Elektronik speist entweder nacheinander immer nur einen Ultraschallwandler (2 bzw. 3) mit einem Impuls-Burst und mißt die Laufzeit in Vorwärts- und Rückwärts-Flußrichtung der durch das Fluid hindurch sich ausbreitenden und gegenüber reflektierten Ultraschallsignalen und bestimmt daraus den Volumendurchfluß oder speist die Ultraschallwandler (4, 5) gleichzeitig mit dem Impuls-Burst und mißt die aus innerhalb des Fluids an darin vorhandenen Fremdkörpern reflektierten und von diesen Ultraschallwandlern empfangenen Reflexionssignalen durch Korrelation deren Zeitdifferenz und bestimmt daraus den Volumendurchfluß. Eine Umschalt-Elektronik (13) mit einem Schwellwertschalter (131) schaltet in Abhängigkeit vom Ausgangssignal des Schwellwertschalters die Treiber/Auswerte-Elektronik in die Laufzeit- oder die Korrelations-Betriebsart.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgerät

5

10 Die Erfindung betrifft Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgeräte mit mindestens einem Paar Ultraschallwandlern, von denen einer als Sender oder als Empfänger betriebenen ist und die längs einer von dem zu messenden Fluid durchströmten Rohrleitung achsparallel versetzt auf deren Außenwand angeordnet sind.

In der eigenen US-A 50 52 230 ist ein Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgerät beschrieben

- mit zwei als Sender oder Empfänger betriebenen

20 Ultraschallwandlern, die längs einer von dem zu messenden Fluid durchströmten Rohrleitung gegenüberliegend und in Richtung von deren Achse gegeneinander versetzt angeordnet sind,

- und mit einer Treiber/Auswerte-Elektronik, die

25 -- nacheinander immer nur einen der Ultraschallwandler mit einem Sinussignal-Burst speist und die Laufzeit von zwischen den Ultraschallwandlern in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung durch das Fluid hindurch sich vom einem zum anderen Ultraschallwandler ausbreitenden

30 Ultraschallsignalen mißt und daraus den Volumendurchfluß bestimmt.

In der WO-A 88/08516 ist ferner ein Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgerät beschrieben

35 - mit zwei als Sender oder Empfänger betriebenen Ultraschallwandlern, die längs einer von dem zu messenden

Fluid durchströmten Rohrleitung gegenüberliegend und in Richtung von deren Achse gegeneinander versetzt angeordnet sind,

- mit einem ersten Zusatzwandler,
- 5 - mit einem zweiten Zusatzwandler,
- mit einer Treiber/Auswerter-Elektronik, die
- nacheinander immer nur einen der Ultraschallwandler mit einem Sinussignal-Burst speist und die Laufzeit von zwischen den Ultraschallwandlern in Vorwärts- und
- 10 Rückwärtsrichtung durch das Fluid hindurch sich vom einem zum anderen Ultraschallwandler ausbreitenden Ultraschallsignalen mißt und daraus den Volumendurchfluß bestimmt, und
- mit einer Zusatz-Elektronik,
- 15 --- die senkrecht zur Achse der Rohrleitung mittels des ersten Zusatzwandlers die Orthogonal-Laufzeit des Ultraschallsignals in der Wand der Rohrleitung und die mittels des zweiten Zusatzwandlers die Orthogonal-Laufzeit der durch das Fluid sich ausbreitenden und an 20 der diesem Zusatz-Ultraschallwandler gegenüberliegenden Innenwand der Rohrleitung reflektierten Ultraschallsignals mißt.

In der US-A 44 84 478, in der US-A 45 98 593 und in der EP-A 446 023 ist ferner jeweils ein Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgerät beschrieben

- mit mindestens zwei als Sender oder Empfänger betriebenen Ultraschallwandlern, die längs einer von dem zu messenden Fluid durchströmten Rohrleitung auf deren Außenwand 30 achsparallel versetzt auf deren Außenwand angeordnet sind, und
- mit einer Treiber/Auswerter-Elektronik,
- die die mindestens zwei Ultraschallwandler gleichzeitig mit einem Impuls-Burst speist und die aus innerhalb des Fluids an darin vorhandenen Fremdkörpern reflektierten 35 und von den mindestens zwei Ultraschallwandlern in den

Pausen zwischen den Impuls-Bursts empfangenen Reflexionssignalen mittels Korrelation die Zeitdifferenz zwischen den Reflexionssignalen mißt und daraus den Volumendurchfluß bestimmt.

5

Das Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgeräte nach der genannten US-A 50 52 230 bzw. das Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgerät nach der genannten WO-A 88/08516 sind einerseits an sich nur für Fluide gedacht, die keine Fremdkörper mit sich führen, und werden bei zunehmendem Fremdkörperanteil schließlich betriebsunfähig, da der Ultraschall im Fluid so stark gestreut und/oder absorbiert wird, daß er nicht mehr in ausreichender Stärke zum Empfänger gelangt.

15

Die Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgeräte nach der genannten US-A 44 84 478 bzw. der genannten US-A 45 98 593 bzw. der genannten EP-A 446 023 sind andererseits an sich nur für Fluide mit eingelagerten Fremdkörpern gedacht, versagen jedoch, wenn fremdkörperlose Fluide gemessen werden sollen.

In praxi kann aber einerseits bei an sich fremdkörperfreien Fluiden nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, daß nicht doch einmal Fremdkörper im Fluid auftreten, die die Messung stören oder sogar unterbinden, und andererseits kann bei an sich fremdkörper-haltigen Fluiden nicht sicher ausgeschlossen werden, daß das Fluid nicht doch einmal fremdkörperfrei strömt, dessen Messung dann ebenfalls gestört oder sogar unterbunden wird.

Ein Ziel der Erfindung ist es daher, die beiden erwähnten, je für sich beschriebenen Meßprinzipien in einem Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgerät so miteinander zu vereinigen, daß das Meßgerät automatisch in Abhängigkeit von einem vom Benutzer einstellbaren Fremdkörperanteil des

Fluids entweder nach dem einen oder nach dem anderen Meßprinzip arbeitet.

Die Erfindung besteht daher in einem Clamp-on-Ultraschall-
5 Volumendurchfluß-Meßgerät

- mit einem ersten Paar Ultraschallwandler,
-- von denen entweder jeweils der eine als Sendewandler und
der andere als Empfangswandler bzw. umgekehrt betrieben
ist

10 -- oder die beide kurzzeitig als Sendewandler und
anschließend als Empfangswandler betrieben sind und
-- die längs einer von dem zu messenden Fluid
durchströmten Rohrleitung auf deren Außenwand
achsparell versetzt und mit einem von 90° abweichenden
15 Winkel zwischen der Richtung des von ihnen erzeugten
Ultraschalls und der Achse der Rohrleitung angeordnet
sind,

- mit einem zweiten Paar Ultraschallwandler, von denen
jeder gleichzeitig als Sendewandler oder als
20 Empfangswandler betrieben ist und die längs der
Rohrleitung auf deren Außenwand achsparell versetzt und
mit einem Winkel von kleiner/gleich 90° zwischen der
Richtung des von ihnen erzeugten Ultraschalls und der
Achse der Rohrleitung angeordnet sind,

25 - und mit einer Treiber/Auswerte-Elektronik,
-- die entweder einen bzw. die Ultraschallwandler des
ersten Paars mit einem Impuls-Burst speist und die
Laufzeit von zwischen diesen Ultraschallwandlern in
Vorwärts- und Rückwärts-FluBrichtung durch das Fluid
30 hindurch sich ausbreitenden und an der diesen
Ultraschallwandlern gegenüberliegenden Innenwand der
Rohrleitung reflektierten Ultraschallsignalen mißt und
daraus den Volumendurchfluß bestimmt (= Laufzeit-
Elektronik)

35 -- oder die Ultraschallwandler des zweiten Paars
gleichzeitig mit dem Impuls-Burst speist und die aus

innerhalb des Fluids an darin vorhandenen Fremdkörpern reflektierten und von diesen Ultraschallwandlern in den Pausen zwischen den Impuls-Bursts empfangenen Reflexionssignalen durch Korrelations deren
5 Zeitdifferenz mißt sowie daraus den Volumendurchfluß bestimmt (= Korrelations-Elektronik) und
-- die eine Umschalt-Elektronik mit einem Schwellwertschalter enthält,
--- die in Abhängigkeit vom Ausgangssignal des
10 Schwellwertschalters die Laufzeit-Elektronik oder die Korrelations-Elektronik einschaltet und
--- welchem Schwellwertschalter ein einstellbares Schwellwert-Signal und ein Effektivwert-Signal zugeführt sind, das aus einem in Empfangsbetrieb
15 von einem der Ultraschallwandler des ersten Paars abgegebenen Signal nach dessen Integration gebildet ist.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung sind je ein
20 Ultraschallwandler des ersten Paars und des zweiten Paars zu einem Paar von Verbund-Ultraschallwandlern vereinigt.

Nach einer anderen Weiterbildung der Erfindung sind ein Clamp-on-Zusatz-Ultraschallwandler und eine Zusatz-
25 Elektronik vorgesehen,
- die jeweils senkrecht zur Achse der Rohrleitung die Orthogonal-Laufzeit des Ultraschallsignals in der Wand der Rohrleitung und die Orthogonal-Laufzeit der durch das Fluid sich ausbreitenden und an der dem Zusatz-
30 Ultraschallwandler gegenüberliegenden Innenwand der Rohrleitung reflektierten Ultraschallsignals mißt,
-- der ein dem Außenumfang der Rohrleitung proportionales Umfangssignal und ein der Schallgeschwindigkeit im Material der Rohrleitung proportionales
35 Schallgeschwindigkeitssignal zugeführt sind und

- die aus den beiden Orthogonal-Laufzeiten, aus dem Umfangssignal und dem Schallgeschwindigkeitssignal die Wandstärke der Rohrleitung und die Schallgeschwindigkeit im Fluid bestimmt.

5

In Ausgestaltung der Erfindung kann als Schwankungssignal das Ausgangssignal einer Effektivwert-Stufe oder das Ausgangssignal eines Gleichrichters oder das Ausgangssignal eines Spitze/Spitze-Detektors dienen.

10

Die Erfindung wird nun anhand der Zeichnung näher erläutert, in deren Figuren schematisch der mechanische Teil und Blockschaltbilder von Betriebsschaltungen des der 15 Erfindung zugrunde liegenden Prinzips gezeigt und gleiche Teile mit denselben Bezugszeichen bezeichnet sind.

Fig. 1 zeigt in schematisierter Schnittansicht den 20 mechanischen Teil eines Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgeräts,

Fig. 2 zeigt in schematisierter Schnittansicht den mechanischen Teil einer Weiterbildung des Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgeräts nach Fig. 1, 25

Fig. 3 zeigt den mechanischen Teil der Anordnung nach Fig. 1 zusammen mit einem ausführlichen 30 Blockschaltbild einer Betriebsschaltung des Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgeräts der Erfindung, und

Fig. 4 zeigt den mechanischen Teil der Anordnung nach Fig. 2 zusammen mit einem auf die wesentlichen 35 Funktionsblöcke komprimierten Blockschaltbild einer Betriebsschaltung.

In der in Fig. 1 stark schematisiert gezeigten Schnittansicht des mechanischen Teils eines Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgeräts ist längs einer von dem zu messenden Fluid in Richtung des Pfeiles R durchströmten Rohrleitung 1 auf deren Außenwand ein erstes Paar Ultraschallwandler 2, 3 achsparallel versetzt angeordnet.

Dieses Paar Ultraschallwandler kann auf zweierlei Weise betrieben werden. Zum einen kann abwechselnd der eine als Sendewandler bzw. der andere als Empfangswandler betrieben werden, so daß entweder der Ultraschallwandler 2 als Sende- und der Ultraschallwandler 3 als Empfangswandler oder der Ultraschallwandler 3 als Sende- und der Ultraschallwandler 2 als Empfangswandler wirken, wodurch aufeinanderfolgend entweder in Richtung der Strömung des Fluids oder in Gegenrichtung gemessen wird. Zum anderen können beide Ultraschallwandler 2, 3 kurzzeitig als Sendewandler und anschließend als Empfangswandler betrieben werden, wodurch gleichzeitig in Richtung der Strömung des Fluids und in Gegenrichtung gemessen wird.

Ferner ist ein zweites Paar Ultraschallwandler 4, 5 vorgesehen, von denen jeder gleichzeitig als Sendewandler oder als Empfangswandler betrieben ist und die längs der Rohrleitung ebenfalls auf deren Außenwand achsparallel versetzt, allerdings mit einem Winkel von 90° zwischen der Richtung des von ihnen erzeugten Ultraschalls und der Achse der Rohrleitung angeordnet sind.

Der erwähnte, von 90° abweichende Winkel der Ultraschallwandler 2, 3 des ersten Paars ergibt sich durch ihren keilförmigen Aufbau, wobei die Öffnungen des jeweiligen Keilwinkels einander zugewandt sind. Der keilförmige Aufbau wird dadurch erreicht, daß zwischen der Rohrleitung 1 und der Ultraschall-Entstehungsfläche 21

bzw. 31 ein Keil aus schalleitendem Material angebracht ist.

Obwohl der erwähnte Winkel von 90° der Ultraschallwandler 4, 5 des zweiten Paars die derzeit beste Ausführungsform darstellt, sind Anwendungsfälle nicht ausschließbar, in denen dieser Winkel kleiner als 90° gemacht werden sollte. Es ergibt sich dann für die Ultraschallwandler 4, 5 des zweiten Paars ein mit denen des ersten Paars vergleichbarer keilförmiger Aufbau.

Wie in Fig. 1 anhand eines eingezeichneten Schallstrahls gezeigt ist, hat die Keilform der Ultraschallwandler 2, 3 zur Folge, daß der beispielsweise vom Ultraschallwandler 2 abgestrahlte Ultraschall unter einem von 90° abweichenden Winkel auf die den Ultraschallwandlern 2, 3 gegenüberliegende Innenwand der Rohrleitung 1 trifft und dort in Richtung auf den Ultraschallwandler 3 reflektiert wird. Der gegenseitige Abstand s der Ultraschallwandler 2, 3 ist so gewählt, daß der an der Innenwand der Rohrleitung 1 reflektierte Ultraschall möglichst vollständig zum Empfänger-Ultraschallwandler gelangt.

Der erwähnte Winkel von 90° ergibt sich bei den Ultraschallwandlern 4, 5 des zweiten Paars dadurch, daß sie mit ihrer Ultraschall-Entstehungsfläche 41, 51 ohne Zwischenlage eines Keils wiederum auf der Außenwand der Rohrleitung 1 angeordnet sind. Dadurch breitet sich der Ultraschall praktisch senkrecht und orthogonal zur Achsrichtung der Rohrleitung 1 durch das Fluid hindurch aus und wird an deren gegenüberliegenden Innenwand zum Sendewandler hin reflektiert.

Die Fig. 2 zeigt in der gleichen zeichnerischen Darstellungsweise wie Fig. 1 eine Weiterbildung der Anordnung von Fig. 1, und zwar sind je ein

Ultraschallwandler des ersten Paars, nämlich die Ultraschallwandler 2, 4, und je ein Ultraschallwandler des zweiten Paars, nämlich die Ultraschallwandler 3, 5, zu einem Paar von Verbund-Ultraschallwandlern 6, 7 vereinigt.

5 Dabei enthält der Verbund-Ultraschallwandler 6 bzw. 7 den keilförmigen Ultraschallwandler 2' bzw. 3' und den nicht-keilförmigen Ultraschallwandler 4' bzw. 5'.

Ferner zeigt die Fig. 2 einen nicht-keilförmigen Zusatz-
10 Ultraschallwandler 8, der wie die übrigen
Ultraschallwandler an der Außenwand der Rohrleitung 1
befestigt ist, dessen Ultraschall sich praktisch senkrecht
zur Achsrichtung der Rohrleitung 1 durch das Fluid hindurch
ausbreitet und an deren gegenüberliegender Innenwand zu ihm
15 hin reflektiert wird.

In Fig. 2 sind ferner wichtige Abstände eingezeichnet,
nämlich die Wandstärke d der Rohrleitung 1, deren
Innendurchmesser D, der Abstand A der jeweiligen Mitte der
20 Ultraschallwandler 4', 5', der auch den Abstand zwischen
den Ultraschallwandler 2', 3' festlegt.

Die Fig. 3 zeigt den mechanischen Teil der Anordnung von
25 Fig. 1 zusammen mit einem Blockschaltbild, in dem
wesentliche Funktionsblöcke einer Treiber/Auswertere-
Elektronik dargestellt sind. Ein Burst-Generator 9 erzeugt
Impulsbursts, also innerhalb der Impulse einer virtuellen
Rechteck-Hüllkurve mit vorgebbarem Puls-Pausen-Verhältnis v
30 jeweils eine wählbare Anzahl n ($n \geq 1$) von hochfrequenten
Impulsen, die z.B. eine Frequenz f_b in der Größenordnung
von 1 MHz haben können, während die Impulse der Rechteck-
Hüllkurve z.B. eine Dauer von 10 μs haben können, also $n=10$
1-MHz-Impulse in jeden dieser Impulse passen. Die
35 Einstellbarkeit des Burst-Generators 9 hinsichtlich seines
Puls-Pausen-Verhältnisses v und der erwähnten Frequenz f_b

ist durch entsprechend bezeichnete Eingänge am Burst-Generator 9 symbolisiert.

Das Ausgangssignal des Burst-Generators 9 ist einem
5 Überkreuzschalter 10 zugeführt, der, wie in der eingangs
genannten US-A 50 52 230 beschrieben ist, die
Ultraschallwandler 2, 3 abwechselnd als Sende- bzw.
Empfangswandler arbeiten läßt. Das Umschalten wird von
einer Laufzeit-Elektronik 11 gesteuert, wie sie dieser
10 US-A 50 52 230 ebenfalls zu entnehmen ist.

In dieser oben bereits erwähnten einen Betriebsart speist
die Laufzeit-Elektronik 11 nacheinander immer nur einen
Ultraschallwandler 2 bzw. 3 des ersten Paars mit einem
15 Impuls-Burst und mißt die Laufzeit von zwischen den
Ultraschallwandlern 2 und 3 in Vorwärts-Flußrichtung bzw.
zwischen den Ultraschallwandlern 3 und 2 in Rückwärts-
Flußrichtung des Fluids durch es hindurch sich
ausbreitenden und an der den Ultraschallwandlern 2, 3
20 gegenüberliegenden Innenwand der Rohrleitung 1
reflektierten Ultraschallsignalen und bestimmt daraus den
Volumendurchfluß.

In der oben erwähnten anderen Betriebsart speist die
25 Laufzeit-Elektronik 11 beide Ultraschallwandler 2, 3
kurzzeitig mit dem Impuls-Burst, die somit gleichzeitig
Sendewandler sind. Anschließend, wenn die
Ultraschallwandler 2, 3 Empfangswandler sind, mißt die
Laufzeit-Elektronik 11 die Laufzeit von zwischen den
30 Ultraschallwandlern 2 und 3 in Vorwärts-Flußrichtung bzw.
zwischen den Ultraschallwandlern 3 und 2 in Rückwärts-
Flußrichtung des Fluids durch es hindurch sich
ausbreitenden und an der den Ultraschallwandlern 2, 3
gegenüberliegenden Innenwand der Rohrleitung 1
35 reflektierten Ultraschallsignalen und bestimmt daraus den
Volumendurchfluß.

Die Laufzeit-Elektronik 11 gibt somit in beiden Betriebsarten an ihrem Ausgang 111 ein den Volumen-Durchfluß repräsentierendes Signal ab, z.B. auf einem Display und/oder als geeignetes elektrisches Signal, wie 5 z.B. ein dem jeweiligen Meßbereich zugeordnetes Stromsignal von 4 mA bis 20 mA.

Die Umschalt-Elektronik 13 von Fig. 3 enthält einen elektronischen Umschalter 130, dessen Steuereingang mit dem 10 Ausgang eines Schwellwertschalters 131 verbunden ist.

Diesem ist ein seine Schaltschwelle bestimmendes, vom Benutzer einstellbares Schwellwert-Signal th und ein Schwankungssignal-Signal rms zugeführt. Dieses Signal wird mittels einer Effektivwert-Stufe 132 aus einem in 15 Empfangsbetrieb von einem der Ultraschallwandler 2, 3 des ersten Paars abgegebenen Signal nach dessen Integration gebildet. Hierzu dient ein Integrator 133, der z.B. eine Sample-and-Hold-Stufe sein kann, dessen Eingang mit einem der Ausgänge des Überkreuzschalters 10 verbunden ist.

20 Anstatt der Effektivwert-Stufe 132 kann auch ein Gleichrichter oder ein Spitze-Spitze-Detektor verwendet werden, deren jeweiliges Ausgangssignal dann das entsprechende Schwankungssignal ist.

25 Ein Eingang einer Korrelations-Elektronik 12 ist mit dem Ausgang des Burst-Generators 9 verbunden und speist somit die Ultraschallwandler 4, 5 des zweiten Paars gleichzeitig mit dem Impuls-Burst. Die Korrelations-Elektronik 12 mißt, 30 wie dies in der eingangs genannten US-A 44 84 478 beschrieben ist, aus innerhalb des Fluids an darin vorhandenen Fremdkörpern reflektierten und von den Ultraschallwandlern 4, 5 des zweiten Paars in den Pausen zwischen den Impuls-Bursts empfangenen Reflexionssignalen 35 durch Korrelation, insb. durch Kreuzkorrelation, deren Zeitdifferenz und bestimmt daraus den Volumendurchfluß.

Mit dem oben erwähnten Schwellwert-Signal th kann vom Benutzer derjenige Anteil an Fremdkörpern des Fluids vorgegeben bzw. eingestellt werden, bei dem von der Laufzeitmessung auf die Korrelationsmessung umgeschaltet
5 werden soll.

Die Korrelations-Elektronik 12 gibt somit an ihrem Ausgang 121 - ebenfalls wie die Laufzeit-Elektronik an deren Ausgang 111 - ein den Volumen-Durchfluß repräsentierendes
10 Signal ab, z.B. auf einem Display und/oder als geeignetes elektrisches Signal, wie z.B. ein dem jeweiligen Meßbereich zugeordnetes Stromsignal von 4 mA bis 20 mA.

Der elektronische Umschalter 130 der Umschalt-Elektronik 13 schaltet entweder die Laufzeit-Elektronik 11 oder die Korrelations-Elektronik 12 ein und somit die Treiber/Auswerte-Elektronik entweder in die Laufzeit- oder die Korrelations-Betriebsart.
15

20 In Fig. 4 ist der mechanische Teil der Anordnung nach Fig. 2 zusammen mit einem auf die wesentlichen Funktionsblöcke komprimierten Blockschaltbild einer Treiber/Auswerte-Elektronik gezeigt. Es enthält eine Laufzeit-Elektronik 11', eine Korrelations-Elektronik 12', eine Umschalt-Elektronik 13' und eine Zusatz-Elektronik 14. Die Laufzeit-Elektronik 11' enthält der zeichnerischen Übersichtlichkeit wegen den Burst-Generator 9 und den Überkreuzschalter 10 nach Fig. 3.
25

30 Die Zusatz-Elektronik 14 dient der Bestimmung der Schallgeschwindigkeit des Fluids, ferner der Bestimmung des Lumens, also des Innendurchmessers D, und der Bestimmung der Wandstärke d einer realen Rohrleitung 1, wenn diese
35 z.B. bereits vor Ort in einem geschlossenen System installiert ist, so daß die letzteren beiden Größen ohne

Eingriff in diese Rohrleitung nicht mehr ausgemessen werden können.

Hierzu kann ein Clamp-on-Zusatz-Ultraschallwandler 8
5 dienen, der senkrecht zur Achse der Rohrleitung 1 entsprechend ihm zugeführten Impuls-Bursts Ultraschallsignale sendet und in den Sendepausen Reflexionssignale empfängt, und zwar Reflexionssignale, die sowohl an der direkt unterhalb von ihm liegenden Innenwand 10 der Rohrleitung als auch an der durch das Fluid getrennten gegenüberliegenden Innenwand auftreten. Anstelle des Clamp-on-Zusatz-Ultraschallwandlers 8 kann auch einer der Ultraschallwandler des zweiten Paars für die Messung zusammen mit der Zusatz-Elektronik verwendet werden.

15 Die Zusatz-Elektronik 14 misst somit die Orthogonal-Laufzeit des Ultraschallsignals in der Wand der Rohrleitung und die Orthogonal-Laufzeit des durch das Fluid sich ausbreitenden und an der dem Zusatz-Ultraschallwandler 8
20 gegenüberliegenden Innenwand der Rohrleitung reflektierten Ultraschallsignals.

Da das Material, aus der die reale Rohrleitung besteht, und somit die Schallgeschwindigkeit in diesem Material bekannt 25 ist und der Außenumfang der realen Rohrleitung vor Ort gemessen werden kann, können diesen Größen proportionale Signale, also ein Schallgeschwindigkeitssignal c und ein Umfangssignal u , an entsprechenden Eingängen der Zusatz-Elektronik 14 vorgegeben werden.

30 Aus den beiden Orthogonal-Laufzeiten, aus dem Schallgeschwindigkeitssignal c und aus dem Umfangssignal u bestimmt die Zusatz-Elektronik 14 die Wandstärke d der Rohrleitung 1 und zeigt sie z.B. auf einem Display an.
35 Dieser Wert wird dann beim Clamping-on der Ultraschallwandler 2, 3 des ersten Paars hinsichtlich ihres

gegenseitigen Abstands s berücksichtigt. Auf dem Display wird ferner die Schallgeschwindigkeit des Fluids angezeigt.

5 Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgeräte nach der Erfinung sind für Messungen bei Reynoldszahlen größer als 10.000, insb. an Rohrleitungen mit Nennweiten größer als 200 mm, geeignet.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

- 5 1. Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgerät
- mit einem ersten Paar Ultraschallwandler (2, 3),
-- von denen entweder jeweils der eine als
Sendewandler und der andere als Empfangswandler
bzw. umgekehrt betrieben ist
10 -- oder die beide kurzzeitig als Sendewandler und
anschließend als Empfangswandler betrieben sind
-- und die längs einer von dem zu messenden Fluid
durchströmten Rohrleitung (1) auf deren Außenwand
achsparallel versetzt und mit einem von 90°
15 abweichenden Winkel zwischen der Richtung des von
ihnen erzeugten Ultraschalls und der Achse der
Rohrleitung angeordnet sind,
- mit einem zweiten Paar Ultraschallwandler (4, 5),
von denen jeder gleichzeitig als Sendewandler oder
20 als Empfangswandler betrieben ist und die längs der
Rohrleitung (1) auf deren Außenwand achsparallel
versetzt und mit einem Winkel kleiner/gleich 90°
zwischen der Richtung des von ihnen erzeugten
Ultraschalls und der Achse der Rohrleitung
25 angeordnet sind,
- und mit einer Treiber/Auswerter-Elektronik, die
-- entweder einen bzw. die Ultraschallwandler
(2, 3) des ersten Paars mit einem Impuls-Burst
speist und die Laufzeit von zwischen diesen
30 Ultraschallwandlern in Vorwärts- und Rückwärts-
Flußrichtung durch das Fluid hindurch sich
ausbreitenden und an der diesen Ultraschallwandlern
gegenüberliegenden Innenwand der Rohrleitung
reflektierten Ultraschallsignalen mißt und daraus
35 den Volumendurchfluß bestimmt (= Laufzeit-
Elektronik) (11),

- oder die Ultraschallwandler (4, 5) des zweiten Paars gleichzeitig mit dem Impuls-Burst speist und die aus innerhalb des Fluids an darin vorhandenen Fremdkörpern reflektierten und von diesen Ultraschallwandlern in den Pausen zwischen den Impuls-Bursts empfangenen Reflexionssignalen durch Korrelation deren Zeitdifferenz mißt sowie daraus den Volumendurchfluß bestimmt
(= Korrelations-Elektronik) (12) und
- 5 -- die eine Umschalt-Elektronik (13) mit einem Schwellwertschalter (131) enthält,
- 10 ---- die in Abhängigkeit vom Ausgangssignal des Schwellwertschalters die Treiber/Auswerte-Elektronik in die Laufzeit- oder die Korrelations-Betriebsart schaltet und
- 15 ---- welchem Schwellwertschalter ein einstellbares Schwellwert-Signal (th) und ein Schwankungssignal (rms) zugeführt sind, das aus einem in Empfangsbetrieb von einem der Ultraschallwandler (2, 3) des ersten Paars abgegebenen Signal nach dessen Integration gebildet ist.
- 20
2. Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgerät nach Anspruch 1, bei dem je ein Ultraschallwandler des ersten Paars und des zweiten Paars zu einem Paar von Verbund-Ultraschallwandlern (6, 7) vereinigt sind.
- 25
3. Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgerät nach Anspruch 1 mit einem Clamp-on-Zusatz-Ultraschallwandler (8) und mit einer Zusatz-Elektronik (14), die
- 30 - jeweils senkrecht zur Achse der Rohrleitung (1) die Orthogonal-Laufzeit des Ultraschallsignals in der Wand der Rohrleitung und die Orthogonal-Laufzeit der durch das Fluid sich ausbreitenden und an der dem Zusatz-Ultraschallwandler (8) gegenüberliegenden
- 35

Innenwand der Rohrleitung reflektierten
Ultraschallsignals mißt,

- der ein dem Außenumfang der Rohrleitung (1) proportionales Umfangssignal (u) und ein der Schallgeschwindigkeit im Material der Rohrleitung proportionales Schallgeschwindigkeitssignal (c) zugeführt ist und
- die aus den beiden Orthogonal-Laufzeiten, aus dem Umfangssignal und dem Schallgeschwindigkeitssignal die Wandstärke (d) der Rohrleitung und die Schallgeschwindigkeit im Fluid bestimmt.

10 4. Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgerät nach Anspruch 1, bei dem als Schwankungssignal (rms) das Ausgangssignal einer Effektivwert-Stufe dient.

15 5. Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgerät nach Anspruch 1, bei dem als Schwankungssignal (rms) das Ausgangssignal eines Gleichrichters dient.

20 6. Clamp-on-Ultraschall-Volumendurchfluß-Meßgerät nach Anspruch 1, bei dem als Schwankungssignal (rms) das Ausgangssignal eines Spitze/Spitze-Detektors dient.

1/3

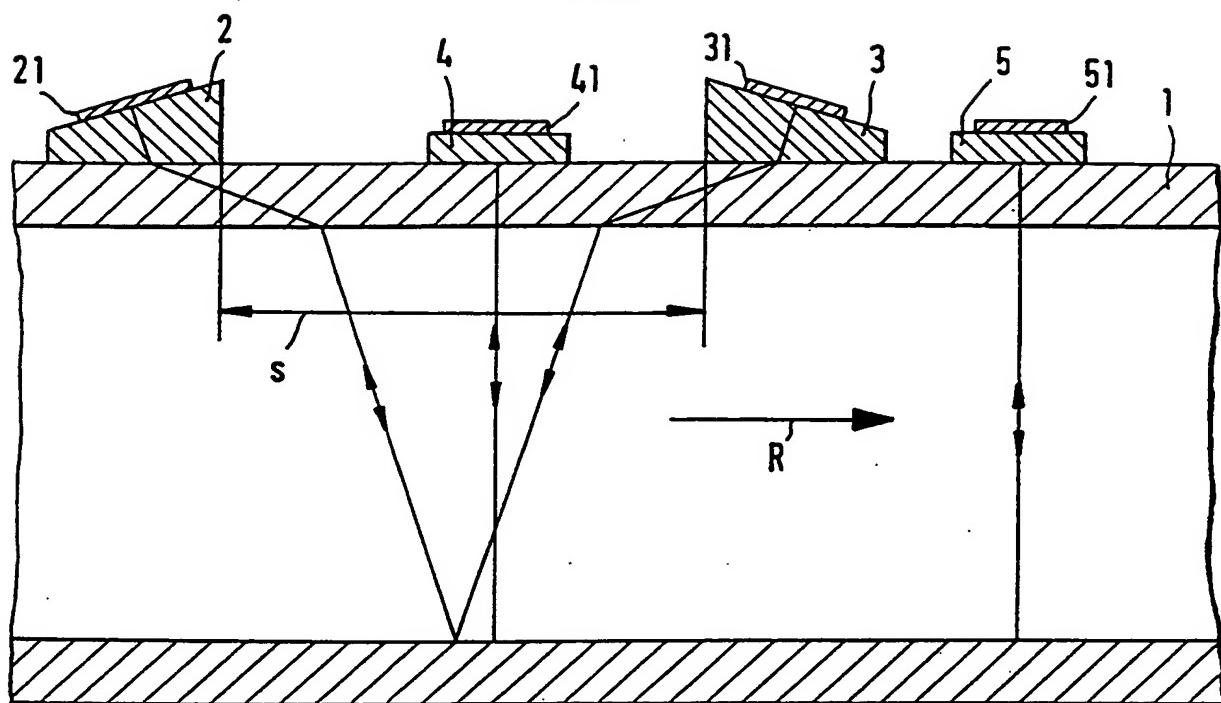


FIG. 1

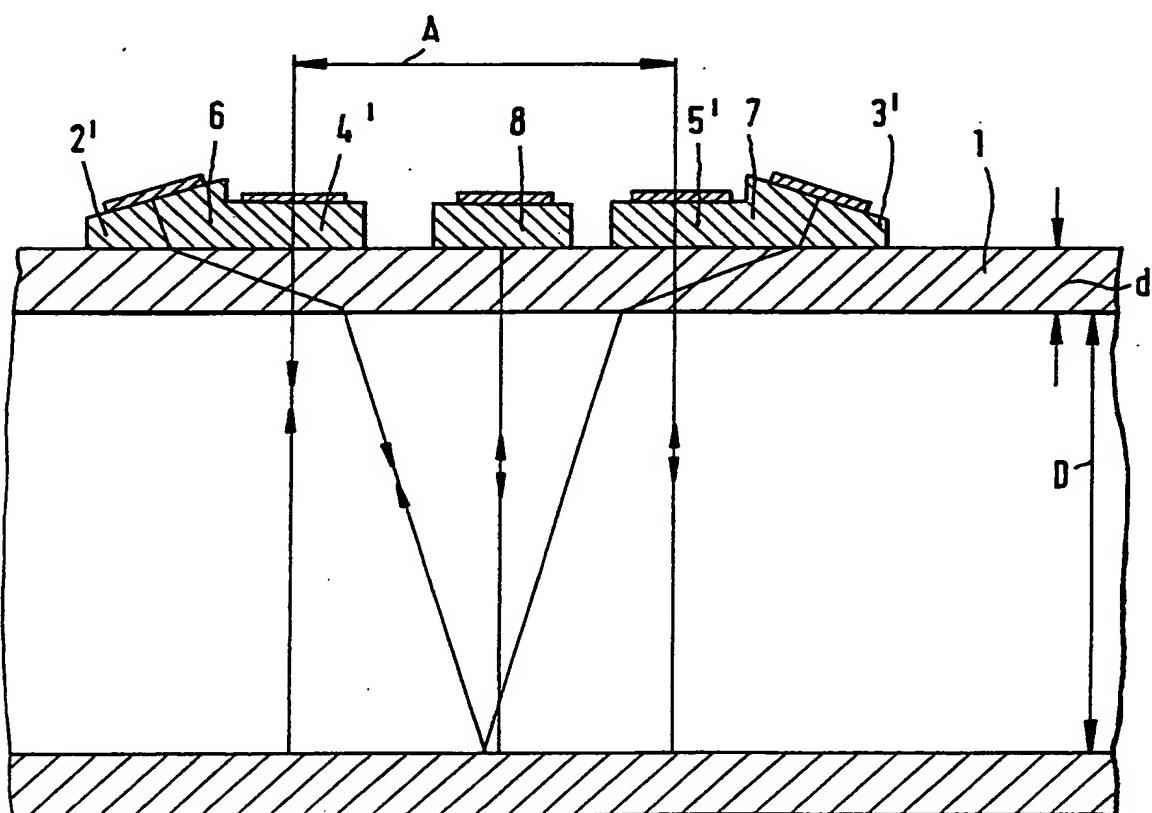


FIG. 2

2 / 3

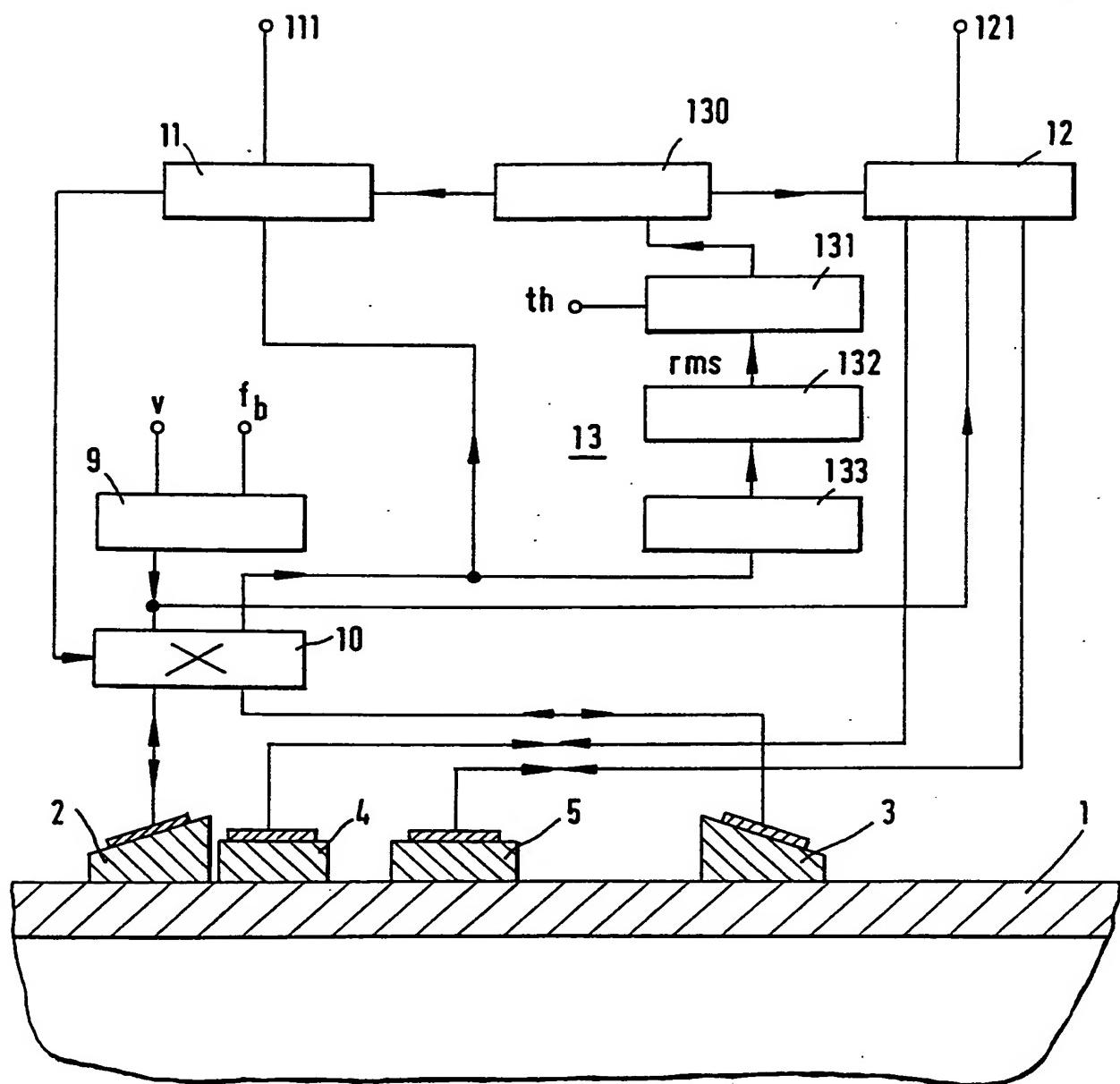


FIG.3